

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/DE05/000099

International filing date: 25 January 2005 (25.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 10 2004 003 986.0  
Filing date: 26 January 2004 (26.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 10 May 2005 (10.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 10 2004 003 986.0

**Anmeldetag:** 26. Januar 2004

**Anmelder/Inhaber:** Osram Opto Semiconductors GmbH,  
93049 Regensburg/DE

**Bezeichnung:** Dünnschicht-LED mit Stromausbreitungsstruktur

**IPC:** H 01 L 33/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. April 2005  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident

Im Auftrag

Faust

## Beschreibung

### Dünnsfilm-LED mit Stromaufweitungsstruktur

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Dünnsfilm-LED mit einer Stromaufweitungsstruktur.

Eine Dünnsfilm-LED zeichnet sich insbesondere durch folgende charakteristische Merkmale aus:

- an einer zu einem Träger hin gewandten ersten Hauptfläche einer strahlungserzeugenden Epitaxieschichtenfolge ist eine reflektierende Schicht (Spiegelschicht) aufgebracht oder ausgebildet, die zumindest einen Teil der in der Epitaxieschichtenfolge erzeugten elektromagnetischen Strahlung in diese zurückreflektiert;
- die Epitaxieschichtenfolge weist eine Dicke im Bereich von  $20\mu\text{m}$  oder weniger, insbesondere im Bereich von  $10\mu\text{m}$  auf; und
- die Epitaxieschichtenfolge enthält mindestens eine Halbleiterschicht mit zumindest einer Fläche, die eine Durchmischungsstruktur aufweist, die im Idealfall zu einer annähernd ergodischen Verteilung des Lichtes in der epitaktischen Epitaxieschichtenfolge führt, d.h. sie weist ein möglichst ergodisch stochastisches Streuverhalten auf.

Ein Grundprinzip einer Dünnsfilm-LED ist beispielsweise in I. Schnitzer et al., Appl. Phys. Lett. 63 (16), 18. Oktober 1993, 2174 - 2176 beschrieben, deren Offenbarungsgehalt insofern hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

In den Figuren 1a und 1b ist eine Dünnsfilm-LED schematisch im Schnitt und in der Aufsicht dargestellt. Die Dünnsfilm-LED weist auf der p-leitenden Seite einen Träger auf, auf dem mittels einer Lötverbindungsschicht eine Spiegelschicht und nachfolgend eine Epitaxieschichtenfolge aufgebracht ist. Die Epitaxieschichtenfolge umfaßt eine p-GaN-Schicht, eine

Quantentopfstruktur, bevorzugt eine MQW-Struktur, sowie eine n-GaN-Schicht. Auf der vom Träger abgewandten Seite ist ein Bondpad, vorzugsweise auf Al-Basis, vorgesehen. Weiterhin kann auf dieser Seite eine Stromaufweitungsstruktur ausgebildet sein.

In Figur 2a bis 2d ist ein Herstellungsverfahren für eine Dünnfilm-LED anhand von 4 Zwischenschritten schematisch dargestellt.

In einem ersten Schritt, Figur 2a, wird auf ein geeignetes Aufwachssubstrat, beispielsweise eine Saphir-Substrat, die Epitaxieschichtenfolge aufgewachsen und oberseitig eine Spiegelschicht sowie eine p-Kontaktmetallisierung ausgebildet.

Im nächsten Schritt, Figur 2b, wird ein Träger auf die vom Aufwachssubstrat abgewandte Seite gebondet und das Aufwachssubstrat abgelöst. Die Ablösung wird vorzugsweise mittels eines Laser-Liftoff-Verfahrens durchgeführt. Derartige Verfahren sind beispielsweise in den Druckschriften DE 196 40 594.7, US 6,559,075, DE 102 03 795.7, DE 102 43 757.2, DE 103 03 978.3 und DE 103 03 977.5 beschrieben, die hiermit durch Referenz in die vorliegende Beschreibung aufgenommen werden.

Nachfolgend wird in einem weiteren Schritt, Figur 2c, die Epitaxieschichtenfolge in einzelne Chipbereiche strukturiert. Hierbei werden auch die n- und p-seitigen Kontakte bzw. Bondpads ausgebildet.

Abschließend wird der Träger mit der strukturierten Epitaxieschichtenfolge zerteilt, Figur 2d.

In den Figuren 3a bis 3c ist für eine entsprechende Dünnschicht-LED die Stromverteilung dargestellt.

Figur 3a zeigt schematisch eine Aufsicht auf eine Dünnschicht-LED mit einem kreisförmigen Bondpad. Ausgehend von einer isotropen Stromverteilung, bei der die Linien konstanter Stromdichte äquidistante Kreise sind, wurde ein elektrisches Modell einer Dünnschicht-LED entworfen, deren Schaltung in Figur 3b dargestellt ist.

Die in Figur 3b gezeigte Schaltung weist eine Serienschaltung von Widerständen  $R_1$  bis  $R_n$  auf, wobei  $R_1$  mit einem positiven Bezugspotential verbunden ist. Die Knotenpunkte dieser Serienschaltung sind jeweils über einen Serienwiderstand  $R_s$  und eine Diode  $D$  mit einem negativen Bezugspotential verbunden. Hierbei entsprechen positives und negatives Bezugspotential dem Bondpad bzw. der p-seitigen Kontaktmetallisierung. Die Serienschaltung der Widerstände  $R_1$  bis  $R_n$  gibt im wesentlichen die laterale Stromverteilung in der n-GaN-Schicht wieder, während der vertikale Stromfluss in der Dünnschicht-LED durch die aktive Schicht und die p-GaN-Schicht durch die Serienwiderstände  $R_s$  und die nachgeschalteten Dioden  $D$  modelliert wird.

Die sich hieraus ergebenden Stromverteilungen sind in Figur 3c dargestellt. Insbesondere zeigt sich, dass für geringe Betriebsströme  $I$  eine annähernd konstante Verteilung der Stromdichte vorliegt. Mit steigendem Betriebsstrom  $I$  tritt jedoch eine überproportionale Erhöhung in der Mitte der LED, d.h. dem Zentrum des Bondpads auf. Bei hohen Strömen besteht daher die Gefahr einer lokalen Überlastung im Zentrum der Dünnschicht-LED. Zudem wird vermehrt Strahlung unter dem Bondpad

und damit in dem vom Bondpad abgeschatteten Bereich erzeugt, wodurch die Effizienz des Bauelements sinkt.

Dieses bei hohen Betriebsströmen auftretende Problem kann durch Stromaufweitungsstrukturen, wie sie beispielhaft in Figur 4a dargestellt sind, behoben werden.

Die Stromaufweitungsstrukturen umfassen eine Mehrzahl von Stegen, die von Bondpad aus in radialer Richtung zur Rand der Dünnsfilm-LED verlaufen. Diese Stege sind zumindest teilweise durch Rahmen, die den Bondpad umfassen, elektrisch leitend verbunden. Diese Rahmen können wie dargestellt als ineinandergeschachtelte Quadrate oder Rechtecke ausgeführt sein. Alternative wären beispielsweise kreisförmige Rahmen oder Rahmen in Form regelmäßiger Vielecke möglich, wobei bevorzugt die Rahmen konzentrisch angeordnet sind, d.h. einen gemeinsamen Mittelpunkt aufweisen, in dem weiter bevorzugt der Bondpad angeordnet ist.

In Figur 4a sind neun Varianten einer Stromaufweitungsstruktur mit quadratischen konzentrischen Rahmen und vier orthogonalen Stegen dargestellt. In den Spalten von Figur 4 wurde jeweils die Rahmenbreite, in den Zeilen die Rahmenanzahl variiert.

In Figur 4b für eine unterschiedliche Zahl von Rahmen der Stromaufweitungsstruktur bei konstanter Gesamtfläche der Stromaufweitungsstruktur die Vorwärtsspannung gegen die Rahmenanzahl aufgetragen.

In Figur 4c ist entsprechend die Strahlungsausbeute gegen die Rahmenanzahl aufgetragen.

Es zeigt sich, dass hinsichtlich maximaler Strahlungsausbeute und minimaler Vorwärtsspannung ein Optimum existiert, das mit zwei Rahmen erreicht wird. Allerdings ändern sich mit steigender Rahmenzahl die Strahlungsausbeute und Vorwärtsspannung nur geringfügig.

Entsprechende Optimierungen können auch in Abhängigkeit der Rahmenbreite durchgeführt werden (nicht dargestellt).

Insgesamt zeigte sich im Rahmen der Erfindung, dass n-GaN exzellente Stromaufweitungseigenschaften aufweist. Weiter zeigte sich, dass bei einem Dünnfilm-LED mit einer GaN/AlGaN-Grenzfläche an der Grenzfläche Bandverbiegungen auftreten, durch die ein zweidimensionales Elektronengas entsteht, das sich durch eine gute laterale Leitfähigkeit auszeichnet, Figur 5.

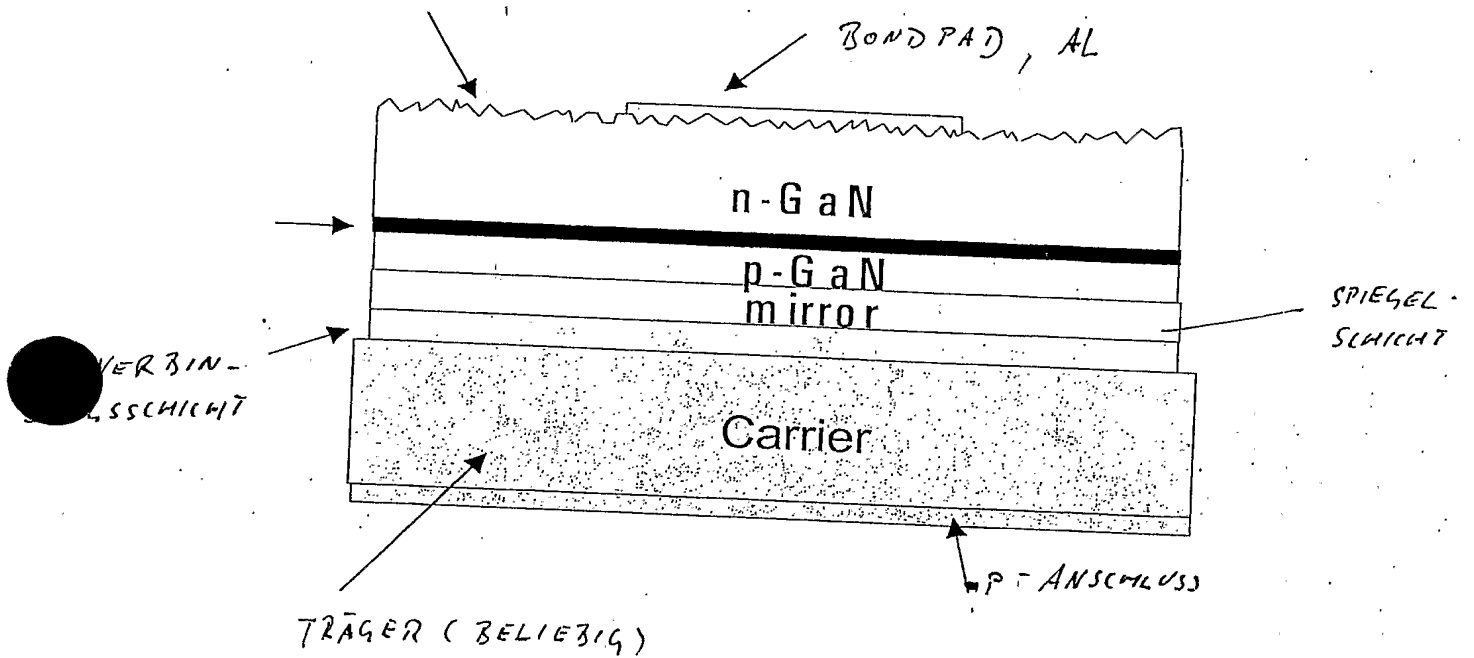
Patentanspruch

Dünnsfilm-LED mit einer n-leitenden und einr p-leitenden Seite, wobei auf der n-leitenden Seite eine Stromaufweitungsstruktur angeordnet ist.



Fig 1a)

STANDARD - AUSFÜHRUNG \*



\* BEI GROSSFLÄCHIGEN CHIPS IST AUF DIESER SEITE DIE STROMAUFWERTUNGS-STRUKTUR ANGEORDNET

Fig 1b)

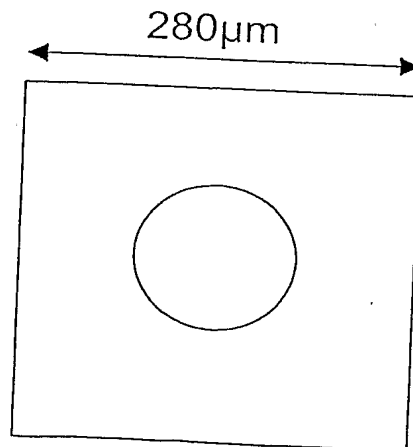
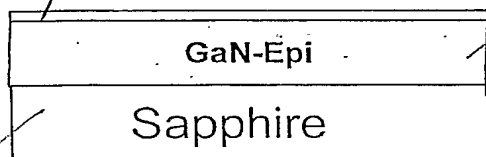


Fig 2a)

p-METALLISIERUNG

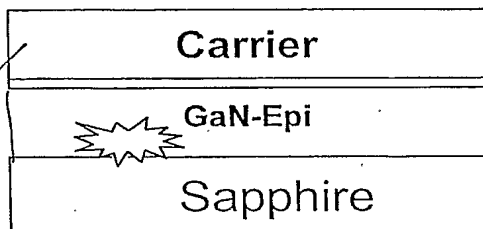
EPITAXIESCHICHTENFOLGE



- EPITAXI
- p-SEITIGE METALLISIERUNG

Fig 2b)

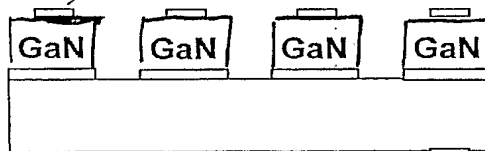
AUFWACHSSUBSTRAT



- TRÄGER-BONDING
- LASER LIFT-OFF

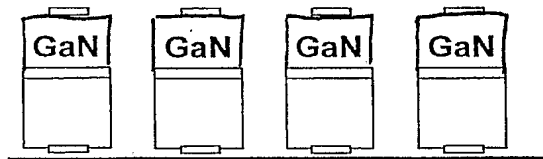
TRÄGER

KONTAKT



- STRUKTURIERUNG
- KONTAKTIERUNG

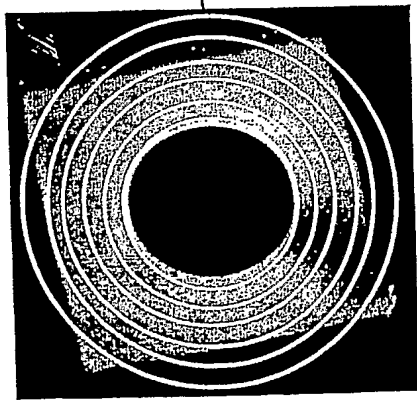
KONTAKT



- VEREINZELUNG

Fig 2d)

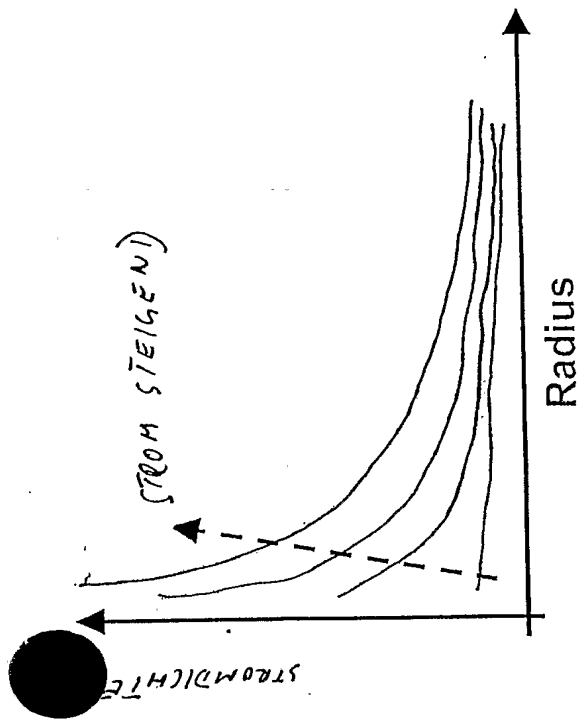
Fig 3a)



ÄQUIDISTANZ KREISE

ISOTROPER STROMDICHTE

Fig 3c)

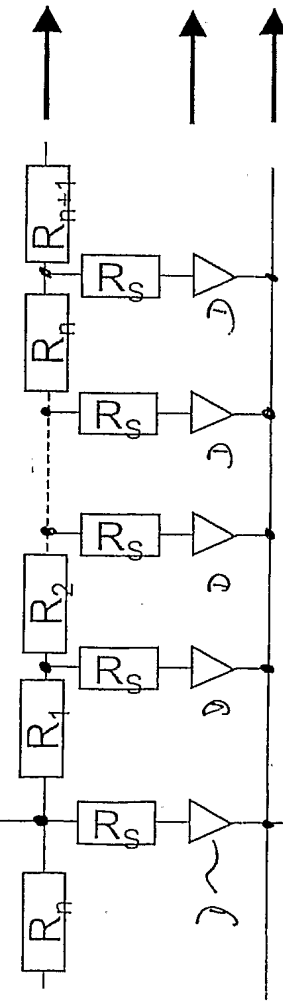


⇒ MIT STEIGENDEM STROM  
KONZENTRATION IM ZENTRUM

Fig 3b)

POSITIVES BEZUGS POTENTIAL

Electrical model of chip



NEGATIVES BEZUGS POTENTIAL

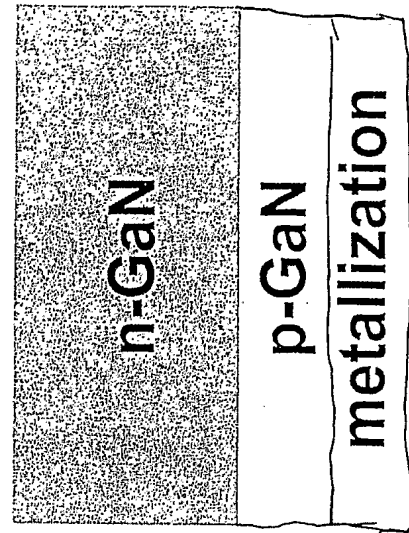


Fig 4a)

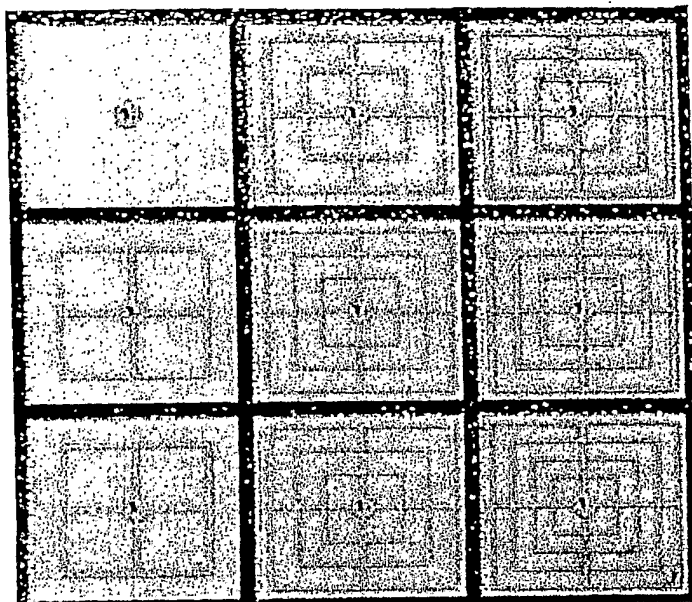
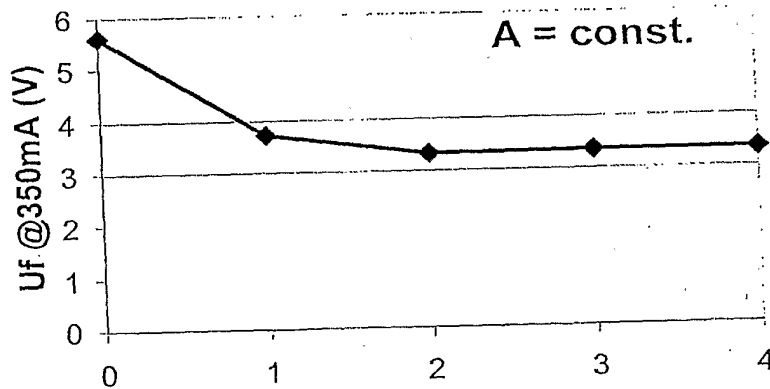
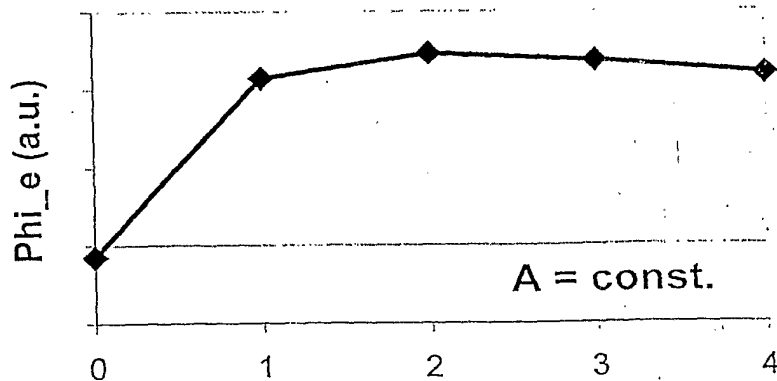


Fig 4b)



VORWÄRTS-  
SPANNUNG

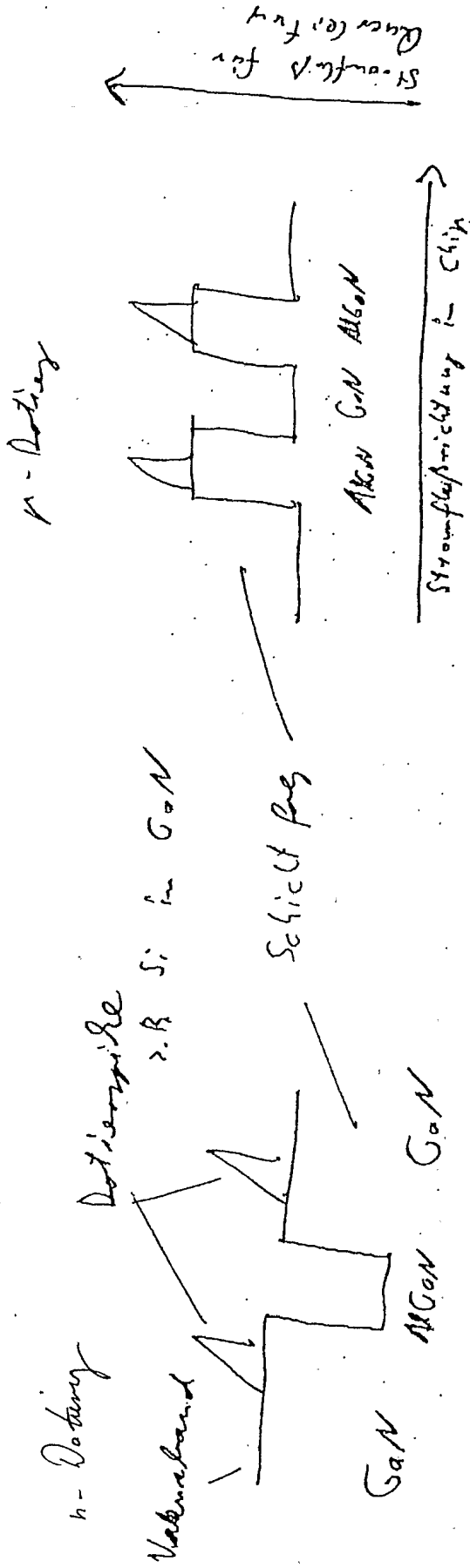
Fig 4c)



STRahlungs-  
Ausbeute

ANZAHL DER RAMMEN

Fig. 5



Aufbau als Übergangsteil

